

## KAJIAN ANALISIS ENGINEERING DENGAN METODE COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

Candra Damis Widiawaty<sup>1</sup>, Ahmad Indra Siswantara<sup>2</sup> dan Gun Gun R Gunadi<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus Baru UI Depok, 16424

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Universitas Indonesia, Kampus Baru UI Depok, 16424

Email: <sup>1</sup>candamis@gmail.com

### ABSTRACT

*Computational fluid dynamic is fluid flow analysis in spesific system by mean of computer based simulation. The use of CFD to predict fluid flow in characteristic system which has specified conditions.*

*The purpose of this research is to describe the procedural of simulation. The scope of this research is to verify the calculation result with the simulation result. The method of this research are iteratif calculaation and simulation.*

*The result of iteratif calculation water outlet temperatur is of 71,88°C, while the simulation result for S1 is of 62,58°C, S2 is of 79,44°C, S3 is of 71,02°C, and S4 is of 71,68°C. The difference of the result cause by the dimension of diameter tube, type of flow, and distribution of grid. The result of this research show that the accuraction of simulation is depend on the intial engineering thingking, grid, and fluid flow specification.*

**Key words:** CFD, fluid, grid, simulation

### ABSTRAK

*Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah pemanfaatan komputer untuk menghasilkan informasi tentang bagaimana fluida mengalir pada kondisi tertentu. CFD digunakan untuk membuat prediksi aliran fluida di dalam suatu sistem tertentu pada suatu kondisi yang ditentukan.*

*Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan langkah simulasi yang tepat. Lingkup penelitian ini adalah membandingkan hasil kalkulasi dengan hasil simulasi. Metode penelitian ini adalah kalkulasi iteratif dan simulasi. Hasil kalkulasi adalah temperatur keluaran air sebesar 71,88°C sedangkan dengan simulasi sebagai berikut parameter S1 sebesar 62,58°C, S2 sebesar 79,44°C, S3 sebesar 71,02°C, dan S4 sebesar 71,68 °C. Perbedaan hasil simulasi berurut-urut disebabkan oleh diameter tube, perbedaan tipe aliran, dan perbedaan distribusi grid. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perancangan dengan software CFD sangat dipengaruhi oleh pemahaman pengguna terhadap sistem yang akan disimulasikan, pembangkitan grid/mesh, dan spesifikasi aliran.*

**Kata kunci:** CFD, fluida, grid, simulasi

### PENDAHULUAN

*Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah pemanfaatan komputer untuk menghasilkan informasi tentang bagaimana fluida mengalir pada kondisi tertentu. CFD digunakan untuk membuat prediksi aliran fluida di dalam suatu sistem tertentu pada suatu kondisi yang ditentukan. CFD mencakup berbagai disiplin ilmu termasuk matematika, ilmu komputer, fisika dan teknik.*

Pemanfaatan software CFD untuk membantu proses perancangan saat ini semakin meningkat pada kalangan praktisi maupun akademisi. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan prosedur simulasi yang benar sehingga didapatkan

hasil akurat. Diharapkan hasil penelitian ini mampu memberikan solusi untuk praktisi maupun akademisi yang mengalami kesulitan saat melakukan perancangan dengan metode CFD.

Permasalahan saat ini adalah analisis kajian analisis engineering dengan metode CFD untuk kasus yang sederhana dan aplikatif masih sangat minim. Sesungguhnya setiap pengguna CFD harus melakukan simulasi sederhana yang dapat dibandingkan dengan dengan konsep teori sehingga menjadi pondasi dalam melakukan simulasi yang kompleks. Hal tersebut yang menjadi salah satu dasar dilakukannya penelitian ini.

Penelitian ini melakukan analisis termo fluida sederhana dalam sistem pipa. Ada dua metode perhitungan yaitu metode kalkulasi berdasarkan persamaan mekanika fluida dan perpindahan panas dan simulasi aliran dengan metode computational fluid dynamics. Hasil kedua metode tersebut akan dibandingkan sehingga didapatkan suatu metode langkah simulasi yang benar.

Persamaan kalkulasi yang digunakan adalah :

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu} \dots (1)$$

$$Nu = 1.86(RePr)^{1/3} \left( \frac{d}{l} \right)^{1/3} \left( \mu / \mu_w \right)^{0.14} \dots (2)$$

$$h = \frac{kNu}{d} \dots (3)$$

$$m = \rho \frac{\pi d^2}{4} v \dots (4)$$

$$q = h\pi dL \left( T_w - \frac{T_{f1} + T_{f2}}{2} \right) \dots (5)$$

$$q = mcp(T_{f2} - T_{f1}) \dots (6)$$

Keterangan :

q : perpindahan kalor (W)

cp : Kalor jenis (kJ/kg K)

m : Laju massa (kg/s)

A : Luas total permukaan sentuh (m<sup>2</sup>)

h : koefisien konveksi (W/m<sup>2</sup> K)

Re : Bilangan Reynold

ρ : Massa jenis (kg/m<sup>3</sup>)

d : Diameter (m)

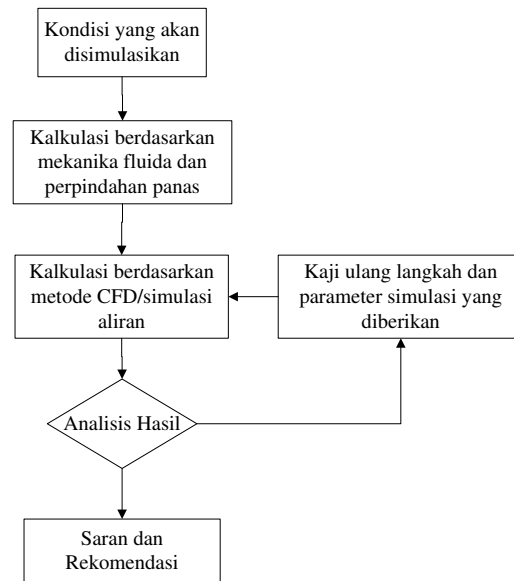
μ : Viskositas (kg/ m s)

Nu : Nuselt number

Pr : Bilangan Prandtl

Software cfd yang digunakan adalah CFDSOFT. Model-model matematis yang digunakan dalam simulasi ini adalah persamaan-persamaan diferensial parsial non-linier tingkat tinggi yang mengatur perilaku aliran fluida berbasis konservasi massa, momentum, spesies dan energi. Langkah simulasi adalah pre processor, processor, dan post processor.

## METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pertama adalah mendapatkan data sifat dan kondisi fluida pada sistem yang akan dianalisis. Setelah itu dilakukan perhitungan dengan persamaan termo fluida untuk mendapatkan temperatur keluaran air dengan dua metode. Pada metode simulasi akan dilakukan beberapa parameter simulasi. Kemudian dilakukan verifikasi hasil kalkulasi dengan simulasi. Tahapan akhir adalah mendapatkan saran dan rekomendasi cara menggunakan software cfd dengan baik dalam bentuk diagram alir.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi sistem adalah air bertemperatur 60°C mengalir masuk ke pipa berdiameter 25,4 mm dan panjang 3m dengan kecepatan rata-rata 2 cm/s. Dinding bertemperatur 80°C.

Air bertemperatur 60°C mengalir sepanjang pipa bertemperatur 80°C, perbedaan temperatur ini menyebabkan proses perpindahan panas berlangsung terus menerus sehingga mencapai keseimbangan energi termal. Perpindahan panas berlangsung secara konveksi, karena air mengalir dan temperatur dinding konstan sehingga proses perpindahan panas konduksi pada dinding diabaikan.

Sepanjang aliran dalam pipa air akan terus menyerap panas yang dilepaskan oleh dinding, sehingga pada sisi keluaran temperatur air akan meningkat. Data dan hasil kalkulasi dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data Kalkulasi

Data		$T_{fi}$ 60°C	$T_{fave}$ 66°C
$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	985	982
$c_p$	J/kg K	4180	4185
$k$	W/m °C	0,651	0,656
$\mu$ Pas	$\mu_f$	4,71E-04	4,36E-04
	$\mu_w$	3,55E-04	3,55E-04
Pr		3,02	2,78

Tabel 2. Hasil Kalkulasi

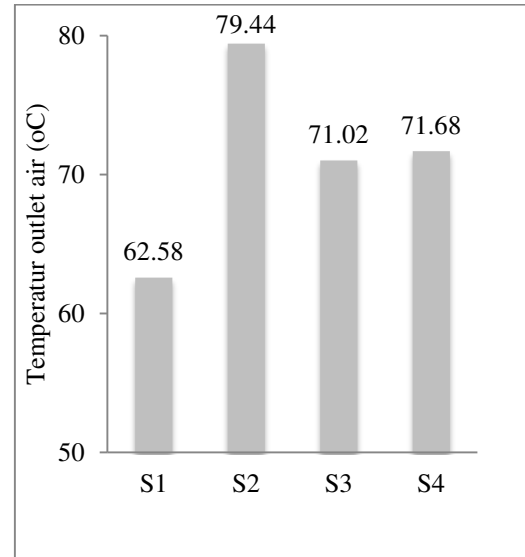
Kalkulasi		$T_{fi}$ 60°C	$T_{fave}$ 66°C
Re		1062	1144
Nu		5,84	5,73
$h$	W/m <sup>2</sup> °C	150	148
$m$	kg/s	0,00998	0,00995
$T_{f2}$	°C	71,98	71,88

Perhitungan dilakukan secara iteratif. Pada tahap awal perhitungan dilakukan berdasarkan sifat fluida bertemperatur 60°C sehingga didapatkan temperatur keluaran air sebesar 71,98°C. Temperatur keluaran ditambah dengan temperatur inlet sehingga didapatkan temperatur rata-rata air sebesar 66°C. Perhitungan dilakukan kembali berdasarkan sifat fluida pada temperatur rata-rata sehingga didapatkan temperatur keluaran air 71,88°C. Dengan demikian pengaruh perubahan sifat fluida pada range temperatur tersebut memberikan selisih perhitungan iteratif kecil.

Parameter simulasi

1. Parameter simulasi satu (S1) Diameter tube 254mm; Grid 50x10 distribusi seragam; tipe aliran laminar
2. Parameter simulasi dua (S2) Diameter tube 25,4mm; Grid 50x10 distribusi seragam; tipe aliran turbulen

3. Parameter simulasi tiga (S3) Diameter tube 25,4mm; Grid 50x10 distribusi seragam; tipe aliran laminar
4. Parameter simulasi empat (S4) Diameter tube 25,4mm; Grid 50x10 distribusi tidak seragam; tipe aliran laminar



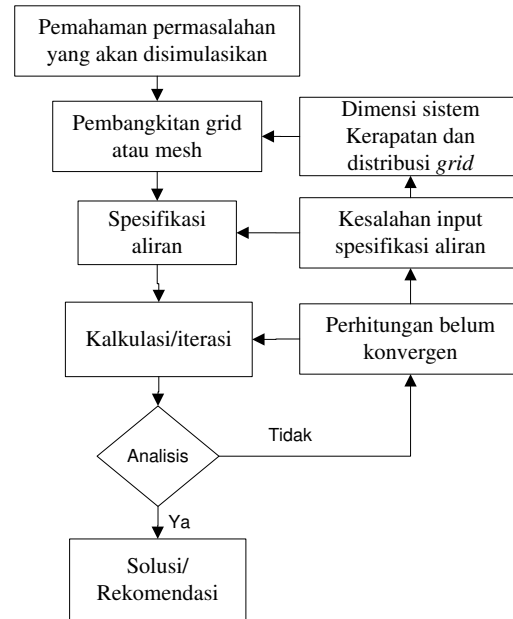
Gambar 2. Grafik temperatur outlet air

Hasil simulasi S1 memberikan nilai temperatur keluaran air sebesar 62,58°C atau temperatur air hanya naik sebesar 2,58°C dari temperatur awal. Jika dibandingkan dengan hasil perhitungan berdasarkan Persamaan 1-6, temperatur air keluar lebih rendah 9,3°C dibandingkan hasil kalkulasi. Parameter S1 diameter pipa sebesar 254mm. Kesalahan input dimensi diameter pipa mempengaruhi karakteristik aliran fluida sepanjang pipa. Diameter tersebut memberikan nilai reynold number sebesar 11442. Reynold number adalah perbandingan gaya inersia dengan gaya viskos. Jika gaya inersia dominan dibandingkan gaya viskos maka tipe aliran turbulen sedangkan jika sebaliknya maka tipe aliran laminar. Tipe aliran ini mempengaruhi kinerja perpindahan panas fluida sesuai dengan Persamaan 2-3. Pada aliran dalam pipa, aliran yang memiliki nilai reynold number lebih dari 4100 merupakan aliran turbulen. Pada saat simulasi tipe aliran yang dipakai adalah laminar dengan demikian memberikan hasil simulasi yang tidak tepat.

Pada hasil simulasi S2 temperatur keluaran air sebesar  $79,6^{\circ}\text{C}$  lebih besar dibandingkan hasil kalkulasi dapat dilihat pada Tabel 2. Software CFD tidak mendefinisikan tipe aliran secara otomatis, namun diatur oleh pengguna. Jika dihitung, reynold number sebesar 1144 dengan demikian tipe aliran adalah laminar. Dengan demikian hasil simulasi ini tidak tepat karena mengaktifkan tipe aliran turbulen seharusnya laminar.

Pemilihan tipe aliran yang tidak tepat dapat menyebabkan hasil simulasi tidak akurat sehingga tidak dapat dijadikan acuan dalam proses perancangan. Input parameter simulasi S3 yaitu dimensi tube 25,4 mm; panjang 3m, kecepatan normal  $0,02\text{ cm/s}$ ; tipe aliran laminar; sifat fisik fluida seperti Tabel 1, hasil simulasi menunjukkan temperatur keluaran air sebesar  $71,02^{\circ}\text{C}$  mendekati hasil kalkulasi. Software CFD tersusun dari persamaan awal yang berbasis volume kontrol. Tahapan awal yang dilakukan pengguna adalah membuat sistem menjadi volume-volume kecil yang sering disebut dengan pembangkitan grid/mesh. Kerapatan dan distribusi grid mempengaruhi keakuratan hasil simulasi, sehingga pengguna harus melakukan *grid dependency test*.

Perbedaan parameter S4 dengan S3 adalah distribusi grid, yaitu distribusi grid lebih rapat pada dinding pipa. Perbedaan distribusi grid tersebut menyebabkan hasil simulasi sebesar  $71,68^{\circ}\text{C}$  mendekati hasil kalkulasi ( $71,88^{\circ}\text{C}$ ).



Gambar 3. Diagram alir analisis engineering dengan CFD.

Hasil penelitian ini adalah diagram alir analisis engineering dengan CFD. Tahap awal pengguna CFD harus paham permasalahan yang akan disimulasikan. Tahap kedua adalah membuat domain sesuai dengan geometri sistem dan pembangkitan grid. Tahap ketiga adalah spesifikasi alir seperti tipe aliran laminar atau turbulen, non isothermal, proses pembakaran, arah dan besar kecepatan, satu atau dua fasa, konstanta fisik, dan lainnya. Tahap ke empat adalah proses perhitungan yang dilakukan oleh software. Tahap kelima adalah analisis, pada tahap ini pengguna CFD harus mampu melakukan analisis apakah hasil simulasi sesuai dengan filosofi ilmu yang terkait. Jika tidak sesuai langkah awal yang diperiksa adalah konvergensi perhitungan, jika belum konvergen maka harus dilanjutkan proses iterasi sehingga perhitungan konvergen. Namun jika perhitungan telah konvergen dan hasil simulasi tidak sesuai maka harus dilakukan pengecekan spesifikasi aliran. Jika kedua hal tersebut telah sesuai dengan sistem maka yang perlu dilakukan adalah pengecekan dimensi sistem serta pengaturan kerapatan dan distribusi grid.

## KESIMPULAN

Hasil kalkulasi adalah temperatur keluaran air sebesar  $71,88^{\circ}\text{C}$  sedangkan dengan simulasi sebagai berikut parameter S1 sebesar  $62,58^{\circ}\text{C}$ , S2 sebesar  $79,44^{\circ}\text{C}$ , S3 sebesar  $71,02^{\circ}\text{C}$ , dan S4 sebesar  $71,68^{\circ}\text{C}$ . Perbedaan hasil simulasi berurut-urut disebabkan perbedaan diameter tube, perbedaan tipe aliran, dan perbedaan distribusi grid. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perancangan dengan software CFD sangat dipengaruhi oleh pemahaman pengguna terhadap sistem yang akan disimulasikan, pembangkitan grid/mesh, dan spesifikasi aliran.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh PT.CCIT GROUP INDONESIA yang telah memberikan izin menggunakan *software* CFDSOF untuk melakukan simulasi perpindahan panas pada sistem pipa lurus.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Holaman J.P. 1986. Heat Transfer. McGraw Hill. Singapore.
- [2] Jiyuan Tu, Guan Heng Yeo, Chaoqun Liu. 2008. Computational Fluid Dynamics A Practical Approach. Elsevier. USA
- [3] Versteeg H.K, Malalasekera W. 1995. An Introduction to Computational Fluid Dynamic The Finite Volume Control. Longman.
- [4] Shaw C.T, 1992. Using Computational Fluid Dynamics. Prentice Hall.

